


Shaping functions for multicarrier modulation systems

Patent Number: ☐ [EP0849919](#)
Publication date: 1998-06-24
Inventor(s): DANESHRAD BABAK (US); GALICIA FELICISIMO W (US)
Applicant(s):: LUCENT TECHNOLOGIES INC (US)
Requested Patent: ☒ [JP10190608](#)
Application Number: EP19970309713 19971202
Priority Number(s): US19960769963 19961219
IPC Classification: H04L27/26 ; H04L25/03
EC Classification: [H04L25/03E](#), [H04L27/26M](#)
Equivalents:

Abstract

Blocks of data conforming to orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) are generated (e.g., using an inverse fast Fourier transform) and extensions are added to each end of each block. A shaping function, such as a raised cosine shaping function, is then applied to the ends of each extended block, where the effects of the shaping function extend into the original OFDM data. The shaped blocks of data are then serialized and converted to analog signals for transmission. At the receiver, received signals are digitized and sampled. The blocks of sampled data are then padded and the resulting padded blocks of data are input to a Fourier transform to recover the original OFDM data. By shaping the extended blocks in the transmitter and padding the sampled data for input to a larger Fourier transform in the receiver, the OFDM modulation scheme of the present invention can reduce the effects of carrier frequency offset and allow more efficient use of available bandwidth than conventional OFDM communications schemes. 

Data supplied from the esp@cenet database - 12

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-190608

(43) 公開日 平成10年(1998) 7月21日

(51) Int. Cl.
H 0 4 J 11/00

識別記号

F :
H 0 4 J 11/00

Z

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-327392

(71) 出願人 596077259

(22) 出願日 平成9年(1997)11月23日

ルーセント テクノロジーズ インコーポ
レイテッド
Lucent Technologies
Inc.

(31) 優先権主張番号 0 8 / 7 6 9 9 6 3

(32) 優先日 1996年12月19日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

アメリカ合衆国 07974 ニュージャージ
ー、マレーヒル、マウンテン アベニュー
600 700

(72) 発明者 ババク デインシュラド

アメリカ合衆国、91024 カリフォルニア、
ロスアンゼルス、ウィルシェア ソルバ
ード 10535、アパートメント 1101

(74) 代理人 弁理二 三枝 弘文

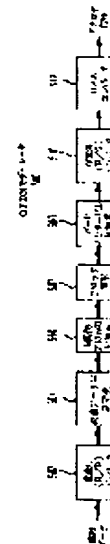
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信方法

(5) 【要約】

【課題】 従来のOFDMベースの通信系の問題を改善し、改良されたOFDMベースの通信系を提供する。

【解決手段】 本発明の送信器内では、直交周波数分割多重化(OFDM)データのブロックを生成するステップと、データの整形ブロックを生成するために、各ブロックの少なくとも一方の端部に整形関数を適用するステップ(この整形関数がOFDMデータ内に拡張され)と、前記データの整形ブロックを送信するステップを有する。本発明の受信機内では、データのブロックを受信するステップと、前記データの各ブロックは、N個のOFDMデータのサンプルとM個の拡張サンプルに対応する、前記受信したブロックに対しN+M個のサンプルを生成するステップとをさらに有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 (a) 直交周波数分割多重化(OFDM)データのブロックを生成するステップと、

(b) データの整形ブロックを生成するために、各ブロックの少なくとも一方の端部に整形関数を適用するステップと、
その結果、この整形関数がOFDMデータ内に拡張され、

(c) 前記データの整形ブロックを送信するステップとからなることを特徴とする通信方法。

【請求項2】 前記整形関数は、レイズドcosine整形関数あるいはガウス分布整形関数であることを特徴とする請求項1の方法。

【請求項3】 前記(a)のステップは、

(a1) 入力データストリームを直列から並列に変換するステップと、

(a2) 逆フーリエ変換を前記並列データストリームに施すステップを含み、

前記(b)のステップは、

(b1) データの拡張ブロックを生成するために、各ブロックのそれぞれの端部に拡張部分を付加するステップと、

(b2) 前記拡張されたブロックの各端部に整形関数を適用するステップと、

(b3) 連続する整形ブロックの間にガードインターバルを付加するステップと、

(b4) 前記整形されたブロックを並列から直列に変換するステップと、

(b5) デジタルからアナログ変換を前記直列データに適用するステップとを有することを特徴とする請求項1の方法。

【請求項4】 前記(b)のステップは、

(b1) データの拡張ブロックを生成するために、各ブロックのそれぞれの端部に拡張部分を付加するステップと、

(b2) 前記拡張されたブロックの少なくとも一方の端部に整形関数を適用するステップとを含むことを特徴とする請求項1の方法。

【請求項5】 (d) 前記データの整形ブロックを受信するステップと、

前記データの各整形ブロックは、N個のOFDMデータのサンプルとM個の拡張サンプルに対応する、

(e) 前記受信した整形ブロックに対し、N+M個のサンプルを生成するステップと、

(f) 前記各受信した整形ブロックに対し、N+M個のサンプルをK*N個のサンプルに付加するステップと、
ここでKは、2以上の整数とする、

(g) 前記受信したデータの整形ブロックを復号化するために、各受信した整形ブロックに対し、N*K点のフーリエ変換を付加されたサンプルに適用するステップと

をさらに有することを特徴とする請求項4の方法。

【請求項6】 K*Nは2の整数のべき乗に等しく、K*N点のフーリエ変換は高速フーリエ変換(FFT)であることを特徴とする請求項5の方法。

【請求項7】 前記整形関数は、レイズドcosine整形関数あるいはガウス分布整形関数であり、

前記(a)のステップは、

(a1) 入力データストリームを直列から並列に変換するステップと、

(a2) 逆フーリエ変換を前記並列データストリームに施すステップを含み、

前記(b)のステップは、

(b1) データの拡張ブロックを生成するために、各ブロックのそれぞれの端部に拡張部分を付加するステップと、

(b2) 前記拡張されたブロックの各端部に整形関数を適用するステップと、

(b3) 連続する整形ブロックの間にガードインターバルを付加するステップと、

(b4) 前記整形されたブロックを並列から直列に変換するステップと、

(b5) デジタルからアナログ変換を前記直列データに適用するステップとを含むことを特徴とする請求項6の方法。

【請求項8】 (a) 直交周波数分割多重化(OFDM)データのブロックを生成する手段と、

(b) データの整形ブロックを生成するために、各ブロックの少なくとも一方の端部に整形関数を適用する手段と、
この整形関数がOFDMデータ内に拡張され、

(c) 前記データの整形ブロックを送信する手段とからなることを特徴とする通信装置。

【請求項9】 前記整形関数は、レイズドcosine整形関数あるいはガウス分布整形関数であることを特徴とする請求項8の装置。

【請求項10】 前記(a)の手段は、

(a1) 入力データストリームを直列から並列に変換し、

(a2) 逆フーリエ変換を前記並列データストリームに施し、

前記(b)の手段は、

(b1) データの拡張ブロックを生成するために、各ブロックのそれぞれの端部に拡張部分を付加し、

(b2) 前記拡張されたブロックの各端部に整形関数を適用し、

(b3) 連続する整形ブロックの間にガードインターバルを付加し、

(b4) 前記整形されたブロックを並列から直列に変換し、

(b5) デジタルからアナログ変換を前記直列データに

適用することを特徴とする請求項8の装置。

【請求項11】前記(b)の手段は、

(b1)データの拡張ブロックを生成するために、各ブロックのそれぞれの端部に拡張部分を付加し、

(b2)前記拡張されたブロックの少なくとも一方の端部に整形関数を適用することを特徴とする請求項8の装置。

【請求項12】(d)前記データの整形ブロックを受信する手段と、

前記データの各整形ブロックは、N個のOFDMデータのサンプルとM個の拡張サンプルに対応する、

(e)前記受信した整形ブロックに対し、N+M個のサンプルを生成する手段と、

(f)前記各受信した整形ブロックに対し、N+M個のサンプルを $K \times N$ 個のサンプルに付加する手段と、

ここでKは、2以上の整数とする、

(g)前記受信したデータの整形ブロックを復号化するために、各受信した整形ブロックに対し、 $N \times K$ 点のフーリエ変換を付加されたサンプルに適用する手段とをさらに有することを特徴とする請求項11の装置。

【請求項13】 $K \times N$ は2の整数のべき乗に等しく、 $K \times N$ 点のフーリエ変換は高速フーリエ変換(FFT)であることを特徴とする請求項12の装置。

【請求項14】前記整形関数は、レイズドcosine整形関数あるいはガウス分布整形関数であり、前記(a)の手段は、

(a1)入力データストリームを直列から並列に変換し、

(a2)逆フーリエ変換を前記並列データストリームに施し、

前記(b)の手段は、

(b1)データの拡張ブロックを生成するために、各ブロックのそれぞれの端部に拡張部分を付加し、

(b2)前記拡張されたブロックの各端部に整形関数を適用し、

(b3)連続する整形ブロックの間にガードインターバルを付加し、

(b4)前記整形されたブロックを並列から直列に変換し、

(b5)デジタルからアナログ変換を前記直列データに適用することを特徴とする請求項13の装置。

【請求項15】(a)前記データのブロックを受信するステップと、

前記データの各ブロックは、N個のOFDMデータのサンプルとM個の拡張サンプルに対応する、

(b)前記受信したブロックに対し、N+M個のサンプルを生成するステップと、

(c)前記各受信したブロックに対し、N+M個のサンプルを $K \times N$ 個のサンプルに付加するステップと、

ここでKは、2以上の整数とする、

(d)前記受信したデータのブロックを復号化するために、各受信したブロックに対し、 $N \times K$ 点のフーリエ変換を付加されたサンプルに適用するステップとをさらに有することを特徴とする通信方法。

【請求項16】 $K \times N$ は2の整数のべき乗に等しく、 $K \times N$ 点のフーリエ変換は高速フーリエ変換(FFT)であることを特徴とする請求項15の方法。

【請求項17】(a)前記データのブロックを受信する手段と、

前記データの各ブロックは、N個のOFDMデータのサンプルとM個の拡張サンプルに対応する、

(b)前記受信したブロックに対し、N+M個のサンプルを生成する手段と、

(c)前記各受信したブロックに対し、N+M個のサンプルを $K \times N$ 個のサンプルに付加する手段と、

ここでKは、2以上の整数とする、

(d)前記受信したデータのブロックを復号化するために、各受信したブロックに対し、 $N \times K$ 点のフーリエ変換を付加されたサンプルに適用する手段とをさらに有することを特徴とする通信装置。

【請求項18】 $K \times N$ は2の整数のべき乗に等しく、 $K \times N$ 点のフーリエ変換は高速フーリエ変換(FFT)であることを特徴とする請求項17の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、通信に関し、特に直交周波数分割多重化技術に基づいた通信に関する。

【0002】

【従来の技術】直交周波数多重化(Orthogonal frequency division multiplexing (OFDM))は、最近再び使用されだした変調技術である。OFDMは、ブロック指向の変調系であり、N個のデータシンボルを $1/T$ (Tはブロック周期)の距離で分離されたN個の直交キャリア(搬送波)にマッピングするものである。この技術は、非対称デジタル加入者ループ(asymmetric digital subscriber loop (ADSL) サービス、デジタルオーディオブロードキャスト(DAB))、高速のワイヤレスLAN通信用のシステムに応用例がある。ワイヤレスデータ伝送用にOFDMを使用する利点は、等化を必要とせずにチャネル上のマルチパスの影響を容易に回避できることにある。

【0003】OFDMモデューラ(変調器)は、直列データストリーム(serial data stream)を $f_{\text{block}} = f_s/N$ のレートで(ここで f_s は、直列データストリームのデータレートである)、N個の複合シンボル(combination)のブロックに変換する。このシンボルは従来の線形変調技術から得られるものである。そして次に高速フーリエ逆変換(inverse fast Fourier transform (IFFT))をこのブロックに対し実行し、そし

でその後周期的なプレフィックス (preamble) を付してマルチパスの存在下でも IFFT-FFT 対の直交性を維持している。このようにして得られたブロックをそのブロック間に適宜なガードインターバル (保護間隔) を挿入してチャンネル上に直列で送信し、ブロック間干渉に対し保護している。

【0004】図1には従来技術に係る従来の OFDM モデューラ 100 のブロック図を示す。直並列 (S/P) コンバータ 102 は、直列入力データストリームを以下に示される複合シンボル $x(n)$ の N 個の並列ストリームに変換する。

$$x(n) = x_r(n) + j x_i(n); n = 0, \dots, N-1$$

高速フーリエ変換 104 をその後この N 個のシンボルストリームに施す。

【0005】周期的プレフィックス付加器 106 が拡張部分 204 をこのようにして得られたデータブロックの両側に追加し、ガードインターバル付加器 108 が各拡張されたブロックの各対の間にガードインターバル 206 を付加する。並直列 (P/S) コンバータ 110 は、このデータを直列データストリームに変換し、そしてこの直列データストリームは、D/A コンバータ 112 によりアナログ信号に変換されてさらに伝送される。

【0006】図2には図1の従来の OFDM モデューラ 100 により生成されたデータを表す。拡張部分 204 が OFDM データ 202 の各ブロックの両端に付加され、拡張ブロック 208 を生成する。例えば、OFDM データのあるブロックは、次式に示される $N=16$ 個のサンプルを有する。

$$s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8, s_9, s_{10}, s_{11}, s_{12}, s_{13}, s_{14}, s_{15}$$

その後付加された追加部分用の系は、データブロックの終了部 (例、3 個のサンプル s_{13}, s_{14}, s_{15}) からデータをコピーして、先頭部にそれを追加し、そしてデータブロックの先頭部 (例、3 個のサンプル s_0, s_1, s_2) からデータをコピーして終了部に追加する。

【0007】このように拡張されたブロックは、以下のようになる。

$$s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8, s_9, s_{10}, s_{11}, s_{12}, s_{13}, s_{14}, s_{15}, s_{16}, s_{17}, s_{18}, s_{19}, s_{20}, s_{21}, s_{22}, s_{23}, s_{24}, s_{25}, s_{26}, s_{27}, s_{28}, s_{29}, s_{30}, s_{31}$$

この実施例では各拡張されたブロックには $N+M$ 個のサンプルが存在することになる。ここで $N=16$, $M=6$ 。その後この連続した拡張ブロック 208 がガードインターバル 206 により分離される。

【0008】概念的にはこの OFDM は、周波数スペクトルが (f_s/N) で、その後矩形窓処理を施した N 個の並列直交ミキサのバンクと考えることができる (図3)。矩形のブロックに対し、そして $x_r(n)$ と $x_i(n)$ の影響を無視すると、各キャリア (sine または cosine) の周波数応答は、 $f_c + n f_s/N$ に

中心を有し、 f_s/N の間隔でゼロ交差が起こる sinc ($\sin(x)/x$) のエンベロープ (包絡線) である。

【0009】各キャリアのこの sinc エンベロープは、2 つの好ましくない影響 (欠点) がある。まず第1の欠点は、その1つのブロックサイズが大きくなると、OFDM はキャリア周波数オフセットに対しより敏感となる。OFDM においては、キャリアオフセットは、シンボル間干渉 (inter-symbol interference (ISI)) を導入してしまうがこれはタイミングオフセットが直交

振幅変調 (quadrature amplitude modulation (QAM)) システムに ISI を導入するのと同じようなものである。第2の欠点は、各キャリア周波数の信号ロールオフは、 $1/f$ の特性を有し、これは近傍キャリアに洩れるエネルギーの量に直接影響を及ぼしてしまう点である。

【0010】 N 点 FFT は、 f_s/N で分離された N 個の sinc 関数を生成する。したがって、このようにして変調された信号のパワースペクトラム密度 (power spectral density (PSD)) は、これらの sinc 関数の和である。これは占有バンド幅に対し、その裾野広がりキャリア周波数に対し高い感受性 (ISI) となってしまう。

【0011】図4には従来の OFDM デモデューラ 400 のブロック図を示す。A/D コンバータ 402 は受信したアナログ信号を各受信ブロックに対し、 $N+M$ 個のデジタルサンプルに変換し、そしてデータサンプラ 404 はこのデジタル化データをサンプル処理して、図2の拡張部分 204 とガードインターバル 206 に対応するサンプルを無視して OFDM データの N 個の元のサンプルを再生する。S/P コンバータ 406 はこの直列データストリームを並列データストリームに変換して N 点 FFT 408 に送る。この N 点 FFT 408 の並列出力は、並直列 (P/S) コンバータ 410 により直列データに変換され、各受信ブロックに対し、元の N 個のサンプルを再生する。

【0012】OFDM デモデューラ 400 が各ブロックに対し、元の N 個のサンプルを正確に再生できるようにするために、データサンプラ 404 は適当な時間でこのデジタル化された受信ストリームをサンプル処理して拡張部分 204 を廃棄し、OFDM データ 202 を維持しなければならない。その結果、 N 点 FFT 408 へ入力されるデータは、正確なデータ (即ち OFDM データ 202 のみ) である。このサンプリング処理におけるズレは、データサンプラ 404 が不正確なデータを N 点 FFT 408 に流すことになり、その結果 OFDM デモデューラ 400 が元の N 個のサンプルを再生することができなくなる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】したがって本発明の目的は、前記した従来の OFDM ベースの通信系の問題を

改善し、改良されたOFDMベースの通信系を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の一実施例においては、本発明の送信器内では、請求項1に記載したステップを有する。本発明の他の実施例によれば、本発明の受信機内では、請求項15に記載したステップを有する。さらに好ましい実施例においては、 $K \times N$ は2のべき数に等しく、フーリエ変換は高速フーリエ変換(FFT)である。

【0015】

【発明の実施の形態】図5には本発明の一実施例によるOFDMモデュレータ500のブロック図を示す。S/Pコンバータ502は、直列入力データストリームを以下に示される複合シンボル $x(n)$ のN個の並列ストリームに変換する。

$$x(n) = x_r(n) + jx_i(n); n = 0, \dots, N-1$$

高速フーリエ変換504をその後このN個のシンボルストリームに施す。周期的プレフィックス付加器506が拡張部分をこのようにして得られたデータブロックの両側に追加する。

【0016】ブロック整形507は整形関数(例、レイズドcosine整形関数)を各拡張されたブロックに適用する。そしてこの整形関数は、好ましくは元のOFDMデータ内に拡張されるのがよい。ガードインターバル付加器508が各拡張されたブロックの各対の間にガードインターバルを付加する。P/Sコンバータ510は、このデータを直列データストリームに変換し、そしてこの直列データストリームは、D/Aコンバータ512によりアナログ信号に変換されてさらに伝送される。ガードインターバル付加器508が各拡張されたブロックの各対の間にガードインターバルを付加することは選択的事項である。

【0017】図6には図5のOFDMモデュレータ500により生成されたデータを表す。拡張部分604(点線で示す)がOFDMデータ602の各ブロックの両端に付加され、拡張されたブロックを生成する。その後、整形関数がこの拡張されたブロックに施されて拡張ブロック608を生成する。図6に示すように整形関数の影響は、元のOFDMデータ602内にまで及ぶ。選択的事項として拡張ブロック608は、ガードインターバル606により分離してもよい。

【0018】図7には本発明のOFDMディモデュレータ700のブロック図を示す。A/Dコンバータ702は受信したアナログ信号をデジタルサンプルに変換し、そしてデータサンプラー704はこのデジタル化データをサンプル処理して、図6の拡張ブロック608に対応するN+M個のサンプルを再生する。S/Pコンバータ706はN+M個の直列サンプルを幅がN+Mの1個の

並列サンプルに変換する。データパッダー707は、ゼロのデータを各末尾に付加(padding)して、1ブロック当たり $K \times N$ 個のサンプルを生成して $K \times N$ 点の高速フーリエ変換708に入力する。

【0019】一般的な場合では、Kは2以上の整数で、高速フーリエ変換708は離散的フーリエ変換である。好ましい実施例においては、 $K \times N$ は2のべき数であり、708は高速フーリエ変換(FFT)である。例えば、708がFFTの場合には、1ブロック当たり $N = 16$ 個のOFDMサンプルがあり、1ブロック当たり $M = 6$ の拡張サンプルがあり、 $K = 2$ であると高速フーリエ変換708は32点のFFTである。

【0020】FFT708の並列出力は、P/Sコンバータ710により直列データに変換され、受信した整形ブロックに対し、元のN個のOFDMサンプルを再生する。

【0021】本発明は、従来の矩形窓の代わりに上昇したレイズドcosine形状ウィンドウ(時間領域において)を用いることにより、アウトオブバンドロールオフを増加させることができる。これは周波数応答の裾部(side)を減少させ(即ち、オールオフを増加させ)、同時に周波数領域においてISIを引き起こすようなキャリア周波数オフセット影響に対し、システムの耐性を増加させる二重の効果がある。その結果、ブロックサイズが増加するかあるいは数個のOFDMサービスを割り当てられたバンド内により多く詰め込むことができる。

【0022】この本発明の整形方法の意味するところは、受信機が受信ウィンドウの間(ガードインターバルと整形インターバルを含む)データを収集し、ゼロを適当な数の点(例 $K \times N$)に追加(padding)し、その後 $K \times N$ 点FFTを実行して元のシンボルを再生することである。本発明の予備的解析及びそのシミュレーションによればマルチパスチャネルの存在下でも、追加的なホワイトガウス分布ノイズ(additive white Gaussian noise(AWGN))チャネルの存在下でもこの技術は有効である。

【0023】本発明の変形例としては、OFDMディモデュレータ700内においてもデータ追加(padding)をS/P変換の前に実行することもできる。またOFDMモデュレータ500の送信器とOFDMディモデュレータ700の受信機とは、図に示した以外の機能も実行することができる。例えば、受信機内においては、キャリア周波数を再生し、同期化を実行してブロックサンプリングがどこで開始し、どこで終了するかを特定し、そしてA/DコンバータとD/Aコンバータへのサンプリングクロックの周期を適合させることもできる。

【0024】上記の実施例においては、レイズドcosine整形関数(対称的)であるが、データの各拡張ブロックに施された。本発明の変形例として、他の整形関